

Высокопроизводительный контроллер для управления двигателями на базе TMS320F241 для массовых применений

Сегодня хорошо видна тенденция внедрения регулируемых приводов во все области производства. Приводы с микропроцессорным управлением применяются повсеместно не только в станкостроении, робототехнике, но и в медицинской технике, автомобилях, бытовых приборах. Причины расширения области распространения приводов с широкими возможностями регулирования определяются многими факторами. Во-первых, применение программных алгоритмов управления позволяет существенно ускорить сроки разработки аппаратной части и создавать универсальную конструкцию преобразовательного устройства, при этом для конкретного применения меняется только программа и набор датчиков. Во-вторых, существенно улучшается качество управления объектом, так как современные микропроцессоры позволяют эффективно реализовывать нетрадиционные для аналоговой и дискретной техники алгоритмы управления (фаззи-логика, скользящие режимы). Повышается диапазон и точность регулирования, а также привод приобретает оптимальные динамические свойства. В-третьих, регулируемый электропривод позволяет значительно, иногда на 40–60 %, экономить потребляемую мощность и создавать энергосберегающее оборудование.

**Владимир Козаченко,
Николай Обухов,
Алексей Анучин**

e-mail: an@aep.mpei.ac.ru

Развитие цифрового регулируемого электропривода обязано появлению силовой полупроводниковой техники. Освоение силовых биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT) привело к тому, что многие фирмы начали производство интеллектуальных силовых модулей с интегрированными функциями защиты и драйверами. Появление специализированных микроконтроллеров для управления двигателями позволило создавать преобразователи частоты для асинхронных приводов, приводов с вентильными и вентильно-индукторными двигателями. Стоимость таких преобразовательных устройств в настоящее время приближается к \$100 за кВт мощности, при сроке окупаемости менее трех лет. Программные решения позволяют легко адаптировать систему управления к конкретной задаче, при этом необходимые для задачи функции вносятся в привод на программном уровне. Помимо роста функциональных возможностей системы управления повышается и качество реализации пользовательского интерфейса преобразовательного устройства. Пользователь получает возможность настроить темп задатчиков интенсивности и базовые параметры привода с помощью персонального компьютера, подключенного к преобразователю, либо

с пульта оперативного управления, при этом все изменения будут внесены в систему управления на программном уровне. Появление сетевых интерфейсов, встроенных в современные микроконтроллеры для управления двигателями, позволяет решить задачи обмена информацией между контроллерами в реальном времени и соединения нескольких контроллеров в локальную сеть, что очень важно при комплексной автоматизации производства.

В Учебном научно-консультационном центре «Texas Instruments — МЭИ» были разработаны два микроконтроллера для управления двигателями, построенные на специализированном сигнальном микроконтроллере фирмы Texas Instruments TMS320F241 со встроенной периферией, оптимизированной для эффективного управления двигателями. Первая плата МК9.1, снабженная большим количеством интерфейсов, предназначена для построения качественных систем управления и применяется уже сейчас, например, для замены устаревшей системы управления серийно выпускаемых преобразователей частоты серии «Универсал». Подробно с функциональными возможностями МК9.1 можно познакомиться в журнале ChipNews № 5 за 2000 год.

Вторая плата — МК10.1, возможностям которой и будет посвящена эта статья, является дешевым решением для тех применений, когда не требуется использование большого количества интерфейсов. Уже сейчас МК10.1 используется в качестве системы

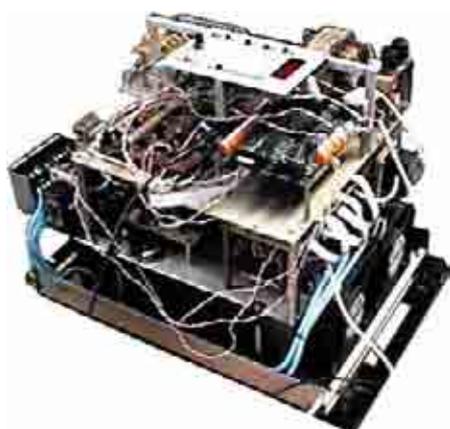


Рис. 1. Опытный образец преобразователя частоты «Универсал-15» с системой управления на базе TMS320F241 в составе контроллера МК9.1

управления преобразователями частоты мощностью до 7,5 кВт, так как именно на этих мощностях его малая стоимость является решающим фактором.



Рис. 2. Опытный образец преобразователя частоты «Универсал-1,5» с системой управления на базе TMS320F241 в составе контроллера МК10.1

УДЕШЕВЛЕННЫЙ КОНТРОЛЛЕР МК10.1 ДЛЯ СИСТЕМ ВСТРОЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Контроллер изготавливается Экспериментальным заводом научного приборостроения, г. Черноголовка Московской области, по четырехслойной технологии с поверхностным монтажом элементов.

Центральный процессор

На плате контроллера размещен специализированный сигнальный микроконтроллер TMS320F241PG в планарном исполнении. Он имеет модифицированную Гарвардскую архитектуру и систему команд, рассчитанную на эффективное решение задач управления в реальном времени, а также мощный набор встроенных периферийных устройств, главным из которых является менеджер событий, представляющий собой интеграцию высокопроизводительного многоканального процессора событий с многорежимным ШИМ-генератором. На кристалл интегрированы также квадратурный декодер, аналого-цифровой преобразователь, сторожевой таймер и контроллеры типовых интерфейсов CAN, SPI, SCI.

Основные параметры TMS320F241PG:

- ядро TMS320x2xx;
- 20 MIPS (миллионов операций в секунду), время выполнения команды 50 нс;
- промышленный (−40° +80 °С) и автомобильный (−40° +125 °С) температурные диапазоны;
- 544 слова (*16 бит) встроенной памяти программ/данных двойного доступа (DARAM);
- 8К слов (*16 бит) встроенной флэш-памяти с возможностью перепрограммирования по последовательному каналу связи RS-232 непосредственно от персонального компьютера;
- 8 ШИМ-выходов, 6 из которых предназначены для управления трехфазным инвертором и являются попарно комплементарными;

- 3 модуля захвата (2 из них могут работать в квадратурном режиме);
- 10-разрядный АЦП с восьмиканальным мультиплексором и временем преобразования на один канал — 850 нс (используются 5 каналов); время псевдоодновременной выборки по двум каналам — 1,7 мкс;
- дискретный ввод/вывод;
- сторожевой таймер;
- последовательный коммуникационный интерфейс SCI;
- JTAG интерфейс для тестирования и внутрисхемной эмуляции.

Микроконтроллер TMS320F241 не содержит интерфейса с внешней памятью, поэтому его корпус имеет в два раза меньше выводов, чем у TMS320F240 или TMS320F243, что упрощает разводку платы и удешевляет систему в целом. При проектировании контроллера была поставлена задача создать дешевую систему управления для мощностей от 0,2 до 7,5 кВт, где не требуется прецизионное поддержание момента. Кратко список задач можно сформулировать следующим образом:

- разомкнутое скалярное управление маломощными электроприводами с компенсацией скольжения;
- системы скалярного управления, замкнутые по технологической переменной;
- системы векторного управления асинхронным, синхронным электроприводом, не требующие повышенной точности поддержания момента.

Питание

- внешний источник питания цифровых и аналоговых цепей контроллера +5 В, не более 200 мА.

Контроллер должен получать стабилизированное питание +5В. Так как источник питания один для цифровых и аналоговых схем, и он же является генератором опорного напряжения для АЦП, то требуется хорошая точность поддержания питающего напряжения. Если напряжение будет «плавать» в процессе работы, то пропорционально мгновенному значению напряжения будут меняться снимаемые с АЦП значения.

Аналоговые входы:

- 5 защищенных по перенапряжению аналоговых входов с диапазоном входного сигнала от 0 В до +5 В;
- встроенные аппаратные фильтры низкой частоты;
- время преобразования 850 нс на канал, число разрядов — 10, режим «псевдоодновременной» выборки данных по двум каналам за 1,7 мкс;
- удобные для подключения внешних аналоговых датчиков разъемы WAGO. Все аналоговые сигналы вводятся витой парой через разъем WAGO. Они предназначены для ввода сигналов с датчиков напряжения, тока, или внешнего потенциометра.

Интерфейс с импульсным датчиком положения:

- аппаратная поддержка интерфейса: А, В, Z с уровнем входных сигналов 5 В (совмещен с линиями порта ввода дискретных сигналов DIN1, DIN2, DIN3);

- программная идентификация скорости привода в диапазоне до 10000:1.

Интерфейс соединен с модулями захвата, которые в TMS320F241 могут работать в квадратурном режиме, то есть производить аппаратное декодирование положения ротора, а также программную идентификацию скорости.

Интерфейс с 3-фазным инвертором:

- 6 комплементарных ШИМ-выходов с программно задаваемым «мертвым» временем, частотой, несущей до 50 кГц, фронтальной, центрированной и векторной ШИ модуляцией;
- буферизация ШИМ-выходов (драйвер с открытым коллектором), возможность непосредственного подключения входных цепей модулей гальванической развязки;
- 2 дополнительных ШИМ-выхода для управления цепями преобразования постоянного напряжения в постоянное, приема энергии торможения или внешним оборудованием;
- вход сигнала аварии для быстродействующей аппаратной блокировки инвертора (открытый коллектор);
- дополнительный вход сигнала аварии в силовой части преобразователя по внешнему прерыванию XINT2 (открытый коллектор).

Интерфейс обеспечивает прямое подключение модулей гальванической развязки с трехфазным инвертором напряжения по цепи — земля (на плате), открытый коллектор (на плате), первичная цепь оптрона, резистор (ток до 18 мА), +5 В (на плате). Допускает формирование любой формы выходного напряжения и работает как в режиме традиционных центрированной и фронтальной ШИМ, так и в режиме векторной ШИМ, позволяющей обеспечить значительно более полное использование напряжения звена постоянного тока, благодаря чему возможно подключать двигатель к преобразователю по схеме звезды, а не треугольника.

Дискретный ввод/вывод,

внешние прерывания:

- 8 дискретных выходов (ТТЛ);
- 7 дискретных входов (ТТЛ);
- 7 двунаправленных входов/выходов (ТТЛ), совмещенных с дискретными входами;
- 2 входа внешнего прерывания XINT1 и NMI/ (немаскируемое).

RS-232:

- асинхронная полнодуплексная передача данных на скоростях до 64 кбод;
- программирование встроенной флэш-памяти программ непосредственно в изделии от персонального компьютера с помощью «прошитого» во флэш-память контроллера последовательного загрузчика;
- многократное перепрограммирование без программатора (до 10 000 циклов).

Контроллер МК10.1 поставляется вместе с последовательным загрузчиком флэш-памяти, который обеспечивает многократное (до 10000 раз) перепрограммирование рабочих программ пользователя. Выбор режима выполнения программы пользователя или загрузки программы пользователя во флэш-память осуществляется соответствующим переключателем на плате.

Мониторинг питания:

— гарантированное состояние сброса процессора с необходимой выдержкой времени при подаче напряжения питания.

Схема мониторинга питания обеспечивает необходимое удержание контроллера в состоянии RESET некоторое время после включения питания. Это необходимо для того, чтобы все цепи процессора успели инициализироваться и выходы процессора, отвечающие за управление силовыми ключами, находились в гарантированно выключенном состоянии.

Интерфейс JTAG:

— загрузка и отладка программ пользователя в реальном времени с помощью внутрисхемных эмуляторов;

— программирование встроенной флэш-памяти программ;

— восстановление последовательного загрузчика флэш-памяти и монитора реального времени после сбоя (например, вследствие отключения питания при программировании флэш-памяти).

Основное назначение интерфейса JTAG — это обеспечение возможности интерактивной

отладки программ пользователя в реальном времени с помощью дополнительного аппаратного средства — внутрисхемного эмулятора. Последний работает вместе с отладочной средой, наиболее перспективной из которых является среда Code Composer. Наличие интерфейса JTAG обеспечивает также возможность восстановления последовательного загрузчика во флэш-памяти после сбоя при программировании (например, в результате отключения питания).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанный в данной статье микроконтроллер может использоваться во встраиваемых системах управления для преобразователей частоты малой и средней мощности, не требующих поддержки сложных пользовательских интерфейсов. Производительность контроллера позволяет использовать его в системах не только скалярного, но и векторного управления синхронным и асинхронным приводом.

В настоящее время ведется разработка новой версии контроллера МК10.2 с поддержкой сетевого CAN-интерфейса, который позволяет связывать несколько контроллеров в локальную сеть и осуществлять обмен информацией (задания, обратной связи) в реальном времени. Начата разработка контроллера на базе нового сигнального микроконтроллера TMS320F2406, осуществляющего управление либо двумя инверторами одновременно, либо инвертором и управляемым выпрямителем с рекуперацией энергии в сеть и активными корректорами коэффициента мощности, что позволяет создавать полноценные четырехквadrантные приводы.